



# Underväxtens påverkan på stubbhöjd och skador i förstagallring

---

*The effect of undergrowth on stump height and damages in first thinning*

Ingrid Levin

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Skogens biomaterial och teknologi

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2021:4

Umeå 2021





# Underväxtens påverkan på stubbhöjd och skador i förstagallring

*The effect of undergrowth on stump heights and damages in first thinning*

Ingrid Levin

**Handledare:** Tomas Nordfjell, Sveriges lantbruksuniversitet, Skogens biomaterial och teknologi

**Examinator:** Thomas Kronholm, Sveriges lantbruksuniversitet, Skogens biomaterial och teknologi

**Omfattning:** 30hp

**Nivå och fördjupning:** Avanceradnivå, A2E

**Kurstitel:** Mastersarbete i skogsvetenskap

**Kurskod:** EX0956

**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet

**Kursansvarig inst.:** Skogens biomaterial och teknologi

**Utgivningsort:** Umeå

**Utgivningsår:** 2021

**Omslagsbild:** Ingrid Levin

**Serietitel:** Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2021:4

**Delnummer i serien:** 2021:4

**Nyckelord:** Fältstudie, Undervegetation, Höga stubbar, Stamskador

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

## Sammanfattning

Årligen gallras det runt 300 000 hektar i Sverige. Det ekonomiska utfallet vid en gallring påverkas märkbart av skördarens produktivitet och kostnad. Medelstamsvolymen i en gallring har stor påverkan på skördarens produktivitet. En ytterligare faktor som påverkar produktiviteten är potentiell underväxt som finns i beståndet. Skördarens produktivitet i ett bestånd med kraftig underväxt (>10 000 stammar per hektar) kan vara upp till 34 % lägre jämfört med bestånd med lite underväxt eller underväxtröjda bestånd. Vidare försämras sikten i bestånd med mycket underväxt och hindrar ansättningen av skördaraggregatet vid trädstammen. Stamtäta bestånd löper också en högre risk för uppkomst av stamskador vid gallringen. Syftet med studien var att undersöka om mängden underväxt har någon påverkan på stubbhöjd av de bortgallrade träden i en förstagallring, samt om skadeandelen ökar på huvudstammarna i underväxttäta bestånd. Studien genomfördes genom en fältinventering med provyteinventering i sju olika bestånd. Resultatet från studien visar att det finns ett signifikant samband mellan underväxt och stubbhöjd. När underväxten är 1000 stammar/hektar är medelstubbhöjden mellan 3–11 cm och när underväxten är 5000 stammar/hektar är medelstubbhöjden mellan 15–25 cm. Underväxten hade däremot ingen signifikant påverkan på andelen stamskador i bestånden. Stamskador återfanns på 8,9 % av alla stammar i medeltal. Andelen inkluderar alla skador, mindre och större än 15 cm<sup>2</sup>. Skador större än 15 cm<sup>2</sup> återfanns på 3,9 % av alla stammar. Trots den höga andelen skador fanns det inget som tyder på att ökad andel underväxt har en signifikant påverkan på skadeandelen. Fler studier inom ämnet krävs för att veta om resultatet ser liknade ut på fler geografiska områden.

*Nyckelord:* Fältstudie, undervegetation, höga stubbar, stamskador

## Abstract

Around 300 000 hectares of forestland are thinned in Sweden annually. The financial outcome of a thinning is significantly affected by the harvester's productivity and cost. The average stem volume in the forest site has a major impact on the harvester's productivity. An additional factor that affects the productivity is potential undergrowth in the stand. The harvester's productivity in a stand with dense undergrowth (>10 000 stems/hectare) can be up to 34% lower compared to stands with little undergrowth or stands where a pre-clearance has been performed. Furthermore, visibility in stands with a lot of undergrowth impairs and hinders the application of the harvester head at the tree stem. Dense stands also run a higher risk of stem damage during thinning. The purpose of the study was to investigate whether the amount of undergrowth has any effect on the stump height of the removed trees in a first thinning, and whether the damage proportion increases on the main stems in undergrowth dense stands. The study was conducted through a field inventory with sample plots in seven different stands. The result from the study show that undergrowth has a significant effect on stump height, the stumps become higher where the proportion of undergrowth is high. When the undergrowth proportion is 1000 stems/hectare the mean stump height is between 3 – 11 cm and when the proportion is 5000 stems/hectare the mean stump height is between 15 – 25 cm. On the other hand, the result shows that there is no indication that an increased proportion of undergrowth has a significant effect on the proportion of stem damages in the stands. A total of 8.9% of stem damages were found across all stands. The level of damages includes all damages, smaller and larger than 15 cm<sup>2</sup>. Damages larger than 15 cm<sup>2</sup> were found on 3.9 % of all stems. Despite the high proportion of damages in the study, there is no significant indication that undergrowth has an effect. Further studies in the subject are needed to determine if the results are similar in other geographical areas.

*Keywords:* Field study, under vegetation, high stumps, stem damages

# Förord

Detta examensarbete har genomförts vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng och utfördes under hösten 2020 och vintern 2021.

Jag vill rikta ett stort tack till SCA skog för smidig kommunikation och för att dom tillhandahöll bestånden som jag inventerat i studien.

Jag vill även rikta ett speciellt tack min handledare Tomas Nordfjell som har stöttat mig under arbetes framfart.

Tjärned, mars 2021

Ingrid Levin





# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b>	<b>11</b>
1.1. Gallring	11
1.2. Underväxt & Underväxtröjning	13
1.3. Stubbhöjder i gallring	15
1.4. Problemformulering	16
1.5. Syfte	16
<b>2. Material och metoder</b>	<b>17</b>
2.1. Vetenskaplig metod	17
2.2. Provyteinventering	17
2.3. Dataanalys	19
2.3.1. Analyser i Excel	19
2.3.2. Analyser i Minitab	20
<b>3. Resultat</b>	<b>21</b>
3.1. Medelvärde och standardavvikelse	21
3.2. Skador	22
3.3. Spridning av medelstubbhöjd och underväxtandel	24
3.4. Beståndens påverkan på underväxten	25
3.5. Underväxtens påverkan på stubbhöjd	26
<b>4. Diskussion</b>	<b>28</b>
4.1. Studiens resultat	28
4.1.1. Skador	28
4.1.2. Stubbhöjd och underväxt	29
4.2. Analysering av material och metod	30
4.3. Implementering och vidare studier	31
4.4. Slutsatser	32
<b>Referenser</b>	<b>33</b>
<b>Bilaga 1 - Inventeringsmall</b>	<b>36</b>
<b>Bilaga 2 – Data till Minitab</b>	<b>37</b>
<b>Bilaga 3 – Analyser i Minitab</b>	<b>38</b>
<b>Bilaga 4 – Transformerade stubbhöjder</b>	<b>42</b>



# 1. Inledning

## 1.1. Gallring

Produktiv skogsmark utgör cirka 58 % av landarealen i Sverige, vilket motsvarar ungefär 23,6 miljoner hektar (Nilsson et al. 2020). Av det gallras årligen runt 307 000 hektar (Nilsson et al. 2020). Gallring är en beståndsvårdande åtgärd som ökar ekonomin i skogsbruket, minskar risken för självgallring och ökar chanserna för stammar med bra kvalitet att utvecklas (Agestam 2015). Tät underväxt påverkar produktiviteten och därmed lönsamheten i gallring, vilket kan undvikas genom underväxtröjning (Kärhä 2006; Wiklund 2019).

Gallring är en vanlig skogsvårdsåtgärd, under en omloppstid gallras majoriteten av Sveriges skogar en eller flera gånger. Skog som växer på bördig mark kräver oftast fler gallringar. Första gången skogen gallras är vanligtvis när den nått en övre höjd mellan 10–15 meter, tallskog gallras tidigare i höjdintervallet medan granskog kan gallras senare. Gallringen utförs främst för att gynna huvudstammarna och där diametertillväxten är det som påverkas mest efter gallring. Hur gallringen utförs kan beskrivas genom olika metoder eller genom gallringsform. Den mindre vanliga metoden är *schematisk gallring* vilket betyder att inget aktivt urval sker, träden gallras ut i rader eller i korridorer. *Selektiv gallring* är den vanligaste metoden som innefattar låg-, hög- och krongallring (Agestam 2015). Låggallring har historiskt sett varit den vanligaste formen av gallring (Wallentin 2007). Låggallring innebär att de klenaste och undertryckta träden gallras bort. Höggallring är den form där de största och härskande träden gallras ut. Höggallring leder till att färre träd plockas ut än vid en låggallring, vilket också ger en lägre arbetskostnad. Krongallring är en typ av gallring som syftar till att gynna de träd som förväntas ha bäst chans att utvecklas, och utförs främst i lövskogar. Gallringen medför att träd med kronor som konkurrerar med de utvalda trädens kronor gallras bort. Idag gallras skogen vanligtvis efter kvalitet, där träd med dålig kvalitet plockas ut för att höja det framtida virkets egenskaper. Denna gallringsmetod är en blandning mellan låg-, hög-, och krongallring även kallat *fri gallring* (Agestam 2015).



**Figur 1.** Gallrad skog utan underväxt (Foto: Ingrid Levin).

*Figure 1. Thinned forest without undergrowth (Picture: Ingrid Levin).*

Ekonomi i en gallring påverkas till viss del av gallringsstyrkan. Gallringsstyrka mäts genom hur stor andel av grundytan i beståndet som tas ut. Normalt gallras ett bestånd med en styrka mellan 20–40 %, lägre gallringsstyrka medför fler gallringar under en omloppstid vilket kan bli oekonomiskt. På samma sätt har högre gallringsstyrka påverkan på ekonomin eftersom uttaget blir för stort att beståndet får lägre tillväxt. Beståndet blir även mer utsatt för exempelvis stormskador (Agestam 2015).

Det ekonomiska utfallet vid en gallring påverkas märkbart av skördarens produktivitet och kostnad (Jonsson 2015). Eftersom medelstamsvolymen i gallringsbeståndet har stor påverkan på skördarens produktivitet, blir det ekonomiska utfallet mindre vid en förstagallring då träden är klenare (Kärhä et al. 2004; Gerasimov et al. 2012). En ytterligare faktor som påverkar produktiviteten är potentiell underväxt som finns i beståndet (Kärhä 2006).

Virkespriserna för 2020 var 483 kr/m<sup>3</sup>fub (kubikmeter fast under bark) för sågtimmer i genomsnitt för hela landet, vilket är en sänkning från 2019 då priserna var 21 kr/m<sup>3</sup>fub. För massaved var priserna 2020 i genomsnitt 303 kr/m<sup>3</sup>fub, 2019 var priserna 340 kr/m<sup>3</sup>fub (Skogsstyrelsen 2021).

## 1.2. Underväxt & Underväxtröjning

Det ekonomiska nettot efter en gallring är det som talar mest för att underväxtröja ett tätt bestånd innan det gallras (Olsson 2004; Agestam 2015). Sedan röjningsplikten slopades från skogsvårdslagen 1993 (Enander 2007) har röjningsbehovet ökat i plant- och ungskogar (Skogsstyrelsen 2014). En studie av Kaila et al. (2006) visar att utebliven ungskogsröjning leder till minskad tillväxt av huvudstammarna. Studien visar även att höjdtillväxten minskar upp till 10 % och diametertillväxten minskar med 18 % om röjning uteblir. Om röjningen i ungskogsfasen blivit eftersatt leder det ofta till att en underväxtröjning måste utföras innan första gallringen. Underväxtröjning avser att man röjer bort undertryckta klena träd i en gallringsskog eller slutavverkningsskog (Håkansson 2000). En underväxtröjning kan vara mer kostsam än en ungskogsröjning eftersom träden är större (Pettersson et al. 2012). Medelkostnaden för underväxtröjning i Sverige är cirka 2325 kr/hektar (Forsberg & Lodén 2020).





**Figur 2.** Gallring med mycket underväxt där stubbarna är höga (Foto: Ingrid Levin)

*Figure 2. Thinning in a compartment with much undergrowth and high stumps (Picture: Ingrid Levin)*

Mycket underväxt påverkar maskinernas produktivitet negativt och därmed kostnaden för åtgärden (Kärhä 2006; Jonsson 2015). I en studie av Kärhä (2006) sänks produktiviteten på skördaren med 12–14 % när granunderväxten är 2000 stammar per hektar, och ökar betydligt därefter. Skördarens produktivitet i ett bestånd med kraftig granunderväxt (>10 000 stammar per hektar) var enligt samma studie upp till 34 % lägre jämfört med bestånd med lite underväxt eller underväxtröjda bestånd. Vidare nämns i studien att även skotarens produktivitet påverkas av underväxten. I bestånd där granunderväxten är 10 000 stammar per hektar sänks skotarens produktivitet med 5–7 %.

I en studie av Andersson (2011) påvisas det att stamtäta bestånd har en högre risk för uppkomst av stamskador vid gallring, där bestånd med en täthet över 2000

stammar/hektar löper högre risk för skador än bestånd med färre stammar per hektar. I en studie av Tahvanainen (2001) återfanns fler stamskador i täta bestånd som ej blivit underväxtröjda än i bestånd som blivit underväxtröjda. I genomsnitt återfanns 9 % skador i provytor som inte blivit underväxtröjda jämfört med provytor som blivit underväxtröjda där 5,3 % skador återfanns på stammarna.

Andelen skador i gallring är enligt Tahvanaiens (2001) och Kärhäs (2006) studier högre på sommaren än på vintern. Skador som uppkommer på stammen leder till ett kvalitetsfel vilket resulterar i en värdeminskning på virket. Även tillväxtförluster kan ske om skadan är omfattande vilket också leder till att beståndet får ett lägre ekonomiskt värde. Skadorna ökar även riskerna för infektion av olika rötsvampar (Agestam 2015). I gallring bör skador över 15 cm<sup>2</sup> hållas under 5 % (Bergkvist et al. 2003). Vidare försämrar bestånd med mycket underväxt sikten i beståndet och hindrar ansättningen av skördaraggregatet vid trädstammen (Lundqvist et al. 2014). Även kedjeslitaget ökar med underväxttäta bestånd, underväxten orsakar också att kedjan lättare hoppar av vilket leder till fler avbrott i arbetet (Gunnarsson & Hellström 1992; Frumerie & Skogforsk 2000).

Underväxten har en stor påverkan på biodiversiteten i skogen. En studie av Threlfall et al. (2017) visar att mycket underväxt och vegetation gynnar flertalet fågelarter och insekter men även andra djurarter. Underväxten är en viktig del för småviltsfaunan då bomaterial och föda ökar med mycket underväxt (Threlfall et al. 2017). Tät underväxt bidrar även till platser där småvilt exempelvis fåglar och harar kan ta skydd mot rovdjur. Skog med mycket underväxt har också haft en högre andel av den enskilda arten i jämförelse med skog med lite eller ingen underväxt (Poulsen 2002).

Sena röjningar och underväxtröjningar i granbestånd kan medföra en ökad risk för sporinfektioner orsakad av svampen *Heterobasidion* (Berglund et al. 2008). Infekterade stubbar kan orsaka att rötan sprider sig till kvarvarande bestånd. Sannolikheten för infektion ökar om beståndet har hög stamtäthet (Carlsson 2007). Antalet sporer av rötsvamparna som finns i luften minskar med låga temperaturer, infektionsgraden kan därför minskas om röjningen sker under vintern eller då temperaturen är under 5°C (Agestam 2015; Witzell & m fl 2017).

### 1.3. Stubbhöjder i gallring

Normalt anses stubbhöjden utgöra 1 % av trädets höjd, vilket motsvarar cirka 10 – 15 cm i gallring (Agestam 2015). Det är standard definitionen men i många fall är den verkliga stubbhöjden lägre än 1 % av trädhöjden (Svensson 2010).

Det finns skillnader mellan tall och gran när det kommer till stubbhöjder. Granstubbar blir ofta generellt högre, på grund av att gran ofta har grövre rotben än tall. I en första gallring är det inte ett lika stort problem då träden är klenare och rotben uppstår främst på grövre träd (Svensson 2010).

## 1.4. Problemformulering

I dagsläget finns det ingen konkret information om underväxten har någon betydelse för stubbhöjden i gallringar. Vidare har det endast gjorts ett fåtal studier på hur underväxten påverkar stamskadorna i gallring. På grund av den informationsbristen avser den här studien att bidra med ny kunskap om hur stubbhöjden påverkas av olika andelar underväxt i förstagallringar. Därtill avser studien att bidra med mer information om hur underväxten påverkar andelen stamskador som uppstår i förstagallringar. Den nya kunskapen kan bidra som beslutsstöd för markägare som skall utföra en förstagallring ifall en underväxtröjning kommer vara nödvändig eller inte i avseende till stubbhöjder och skador.

## 1.5. Syfte

Syftet med studien är att undersöka om mängden underväxt har någon påverkan på stubbhöjd av de bortgallrade träden i en förstagallring, samt om skadeandelen ökar på huvudstammarna i underväxttäta bestånd. Hypotesen för studien är att med en ökad andel underväxt kommer stubbarna i förstagallringar att bli högre.

Studien är avgränsad till att fokusera på förstagallringar.

Frågeställning:

1. Ökar stubbhöjden där mängden underväxt är stor i jämförelse med där den är liten?
2. Ökar mängden stamskador på kvarvarande träd där mängden underväxt är stor i jämförelse mot där den är liten?



## 2. Material och metoder

### 2.1. Vetenskaplig metod

Inledningsvis började arbetet med en litteraturundersökning för att ta reda på dagens kunskapsläge om underväxt och hur underväxt påverkar gallringskvaliteten och hur det påverkar andra värden. Därefter utformades en inventeringsmall (bilaga 1) för efterkommande fältstudie med provyteinventering. Inventeringsmallen användes för att samla in data till vidare analyser om hur underväxt påverkar stubbhöjd och skadeandel i en förstagallring.

### 2.2. Provyteinventering

Datainsamlingen genomfördes i Höga kusten, Ångermanland där trakter tillhandahölls från SCA skog. Insamlingen av data genomfördes i bestånd som blivit gallrade för första gången under barmarkssäsongen 2020. Alla gallringar var utförda av samma maskinlag och trakterna varierade i nettostorlek mellan 5–7 hektar (Tabell 1). Eftersom det fanns en naturlig variation av hur mycket underväxt bestånden innehöll ansågs det inte nödvändigt för studiens resultat att ha med kontrollbestånd som blivit underväxtröjda. Till studien användes ett fåtal mätinstrument, det som användes var; tumstock, röj-snöre 5,64 m, jordsond (för att fästa röj-snöret i), relaskop och en GPS.

**Tabell 1.** Beståndsfakta  
**Table 1.** Compartment facts

Bestånd nr	Förare	Maskintyp	Aggregat	Höjd över havet (m)	Storlek (hektar)
1	1&2	John Deere 1070	JD413	125	7,1
2	3&4	John Deere 1170	JD413	90	7
3	1&2	John Deere 1070	JD413	171	5
4	3&4	John Deere 1170	JD413	168	7
5	3&4	John Deere 1170	JD413	170	6,7
6	3&4	John Deere 1170	JD413	214	5,2
7	1&2	John Deere 1070	JD413	120	6,3

Datainsamlingen genomfördes genom provyteinventeringar i nyss utförda förstagallringar. Provytorna lades ut genom en objektiv provyteutläggning. En objektiv provyteutläggning valdes för att få ett datamaterial som inte blivit påverkat av subjektivitet (Bergkvist et al. 2003). Startposition för provyta ett slumpades fram, därefter lades provytorna ut med ett förband som varierade mellan 50–120 m. Förbandsavståndet berodde på hur bestånden var utformade. Slumppositionen för första provytan togs fram genom ett slumpstal mellan 0–1 multiplicerat med förbandet i meter för aktuellt bestånd. Den här startsekvensen skedde alltid vid beståndsgränsen. I varje bestånd lades tio provytor ut systematiskt, där provytecentrum återfanns med hjälp av GPS. Provytorna lades ut mellan stickvägarna för att inte få med skador som orsakats av maskinernas chassi. Vidare på grund av att stubbar som återfinns på stickvägar inte går att mäta på ett korrekt sätt då stubbarna kan vara överkörda och deformerade. Den data som samlades in fick därför högre säkerhet. Det medförde att om provytecentrum hamnade på en stickväg korrigerades provytecentrum in till närmaste position mellan stickvägarna. Vid ny start mellan två stickvägar slumpades alltid första provytan ut. Om exempelvis åsryggar eller bäckraviner fanns i beståndet lades provytorna ut i den mån det gick utifrån inventeringsmetoden rakt över dessa för att minska potentiella felkällor och för att mätvärdena skulle få hög reliabilitet.

Varje provyta hade en radie på 5,64 m vilket motsvarar en area på 100 m<sup>2</sup>. I varje provyta samlades data in på:

- Andelen underväxt, underväxt i studien klassades som allt som hade en brösthöjdsdiameter (Dbh) på <8 cm eller en stubbe med stubbskär på <11

cm. Underväxt av gran, tall, en och löv mättes separat. Både ståendes underväxt och underväxt som blivit nedkapad och lämnad kvar på marken efter gallringen mättes in. Underväxten klassades även in efter olika höjdklasser; klasserna som användes var 0,3 – 0,5 m, 0,5–1,5 m, 1,5–2,0 m och >2 m. Underväxt som var lägre än 3 dm uteslöts från datainsamlingen då dessa ansågs att inte påverka gallringsutförandet. Klasserna ansågs täcka in de intervall på underväxthöjd som var relevant för studien.

- Antal skadade träd samt antal synliga stamskador totalt mättes in. Skadorna klassades in efter olika storleksklasser, där den klassiska definitionen, storleken av en tändsticksask användes (Bergkvist et al. 2003). Med andra ord klassades skadorna in efter klasserna; <15 cm<sup>2</sup>, 15 cm<sup>2</sup> och >15 cm<sup>2</sup>.
- Stubbhöjd på de bortgallrade träden mättes enligt riksskogstaxeringens definition (RIS 2019).
- Stubbdiameter mättes genom klavning i stubbskåret.
- Grundyta för beståndet mättes med ett relaskop.
- Kvarvarande träd (Dbh >8 cm) på ytan räknades.
- Ytstruktur togs också med i datainsamlingen för varje provyta enligt standardklasserna 1–5 (Berg 1995).

## 2.3. Dataanalys

### 2.3.1. Analyser i Excel

Microsoft Excel användes för att sammanställa all data från provyteinventeringen. För varje insamlad variabel kalkylerades ett medelvärde och standardavvikelse i Excel. Medelvärdet kalkylerades genom funktionen "*MEDEL*" och standardavvikelsen genom funktionen "*STDAV.S*" vilket kalkylerar standardavvikelsen för ett sampel. Därefter sammanställdes medelvärdena för stubbhöjd för respektive 70 provytor. Underväxten för varje provyta ställdes upp bredvid dessa tillsammans med bestånd för att kunna göra vidare analyser i det statistiska programmet *Minitab*. Data importerades från Excel som då var uppställt för att passa programmet (bilaga 2).

### 2.3.2. Analyser i Minitab

I *Minitab* genomfördes regressionsanalyser (bilaga 3) för att analysera om stubbhöjden och antal skador påverkades av underväxten. En signifikansnivå om 5 % användes för alla analyser. Analysmetoden valdes då regressionsanalyser kan visa vilken effekt en variabel har på en annan variabel (Samuels et al. 2016). Regressionsanalyserna utfördes genom *Fit Regression model* med medelstubbhöjden under *Responses*, underväxten under *Continuous Predictors* och bestånd under *Categorical Predictors*. Genom varje regressionsanalys framkom också en variansanalys (ANOVA) som användes för att studera P-värde och F-värde för varje generad analys i resultatet. P-värdet och F-värdet visar vilken signifikansnivå regressionsmodellen har (Samuels et al. 2016).

Steg ett var att analysera om bestånden hade någon påverkan på underväxten. Det genomfördes genom att lägga till en interaktionsterm i modellen innan regressionsanalysen utfördes. Interaktionstermen som lades till var *underväxt\*bestånd*. Denna interaktion plockades sedan bort för resterande analyser.

I steg två utfördes en regressionsanalys utan interaktionstermen där endast huvudvariablerna underväxt och medelstubbhöjd analyserades. I denna analys lades olika grafer till för att se hur datasetet betedde sig utifrån residualer. Graferna som analyserades var *Normal probability plot*, *Histogram* och *Versus fit*.

Eftersom graferna i steg två visade ett data som inte var normalfördelat var steg tre att utföra ytterligare en regressionsanalys. *Box-cox transformation* användes för att skapa en logaritmisk analys som kalkylerade fram en bättre normalfördelning. *Box-Cox transformation* används för att transformera ett onormalt fördelat data till ett normalt fördelat data genom att anta ett optimalt lambda-värde. På det sättet går det att göra bredare statistiska analyser (Box & Cox 1964).

Efter steg tre skapades en *Fitted line plot* för att se det potentiella sambandet mellan medelstubbhöjd och underväxt. Responsvariabeln det vill säga y-värdet bestod av det transformerade responsvärdena från regressionsanalysen med *Box-cox transformationen* (bilaga 4). Den inmätta underväxten per provyta användes för x-variabeln.

Slutligen genomfördes en ytterligare regressionsanalys för att se det potentiella sambandet mellan andelen skadade träd och underväxt.

## 3. Resultat

Inledningsvis redovisas resultatet för medelvärden och standardavvikelse för de insamlade variablerna. Därefter redovisas resultaten från regressionsanalysen kopplat till skador. Resultatet fortsätter sedan med att redovisa stubbhöjder och underväxt för att sist ta upp sambandet mellan stubbhöjder och underväxtandel.

### 3.1. Medelvärde och standardavvikelse

Resultatet från provyteinventeringen visade att bestånden generellt hade en förhållandevis hög grundyta efter gallringen. Medelstubbhöjden på de bortgallrade träden (377 stycken) låg inom det intervall som anses rimligt för en gallring (Agestam 2015). De bortgallrade träden hade relativt liten stubbdiameter, den kläna diametern på stubbarna och den höga grundytan påvisar att bestånden varit täta vid gallringsutförandet (Tabell 2).

**Tabell 2.** Standardavvikelse och medelvärde för varje insamlad variabel. Värdena är ett medel per provyta, räknat på totalt antal provytor (70 stycken).

*Table 2. Standard deviation and mean value of every collected variable per sample plot.*

Källa	Medelvärde	Standardavvikelse
Grundyta (m <sup>2</sup> )	27	7,57
Stubbhöjd (cm)	14,0	9,17
Stubbdiameter (cm)	15,8	4,78
Kvarstående träd	13	4,14
Underväxt (stammar/provyta)	35	23,81
Skadade träd	1	1,34
Antal skador <15 cm <sup>2</sup>	0,5	1,68
Antal skador ≈ 15 cm <sup>2</sup>	0,8	1,5
Antal skador >15 cm <sup>2</sup>	0,8	1,35
Ytstruktur (1–5)	1,7	0,76

I genomsnitt fanns det 1 skadat träd per provyta, vilket resulterar i relativt många skadade träd totalt sett. Ytstrukturen i bestånden var i medeltal en 2a, vilket betyder att markytan var relativt jämn. Den höga standardavvikelsen för underväxten visar att det fanns stora skillnader på hur mycket underväxt varje provyta innehöll.

## 3.2. Skador

Stamskador återfanns i alla bestånd i större eller mindre utsträckning, totalt återfanns 8,9 % skadade stammar sett över alla bestånd. Andelen inkluderar alla skador, mindre och större än 15 cm<sup>2</sup>. Skador lika med och större än 15 cm<sup>2</sup> återfanns på 7,2 % av alla stammar. Skador större än 15 cm<sup>2</sup> återfanns på 3,9 % av alla stammar.

Trots den höga andelen skador påverkas det inte av ökad andel underväxt. P-värdet för analysen är 0,083 och tillsammans med det låga F-värdet talar variansanalysen

för att det inte finns någon signifikant påverkan (Tabell 3). Förklaringsgraden är endast 4,35 % vilket styrker antagandet att underväxten inte har någon signifikant påverkan på antal skadade träd i bestånden (Tabell 4).

**Tabell 3.** Variansanalys (ANOVA) för att se om mängden stamskador ökar med ökad mängd underväxt.

*Table 3. Analysis of variance (ANOVA), if the number of stem damages increases with an increased level of undergrowth.*

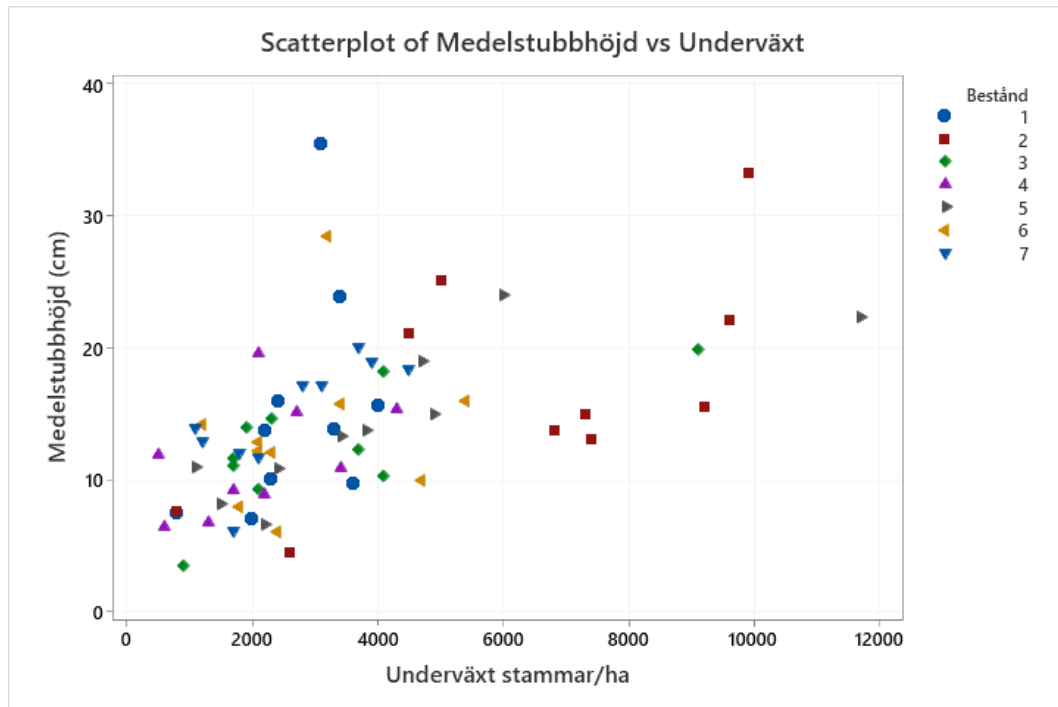
Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Regression	1	5,361	5,3615	3,09	0,083

**Tabell 4.** Summering av regressionsanalysen

*Table 4. Model summary off the regression analysis*

Standard fel	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (adj)	R <sup>2</sup> (pred)
1,31680	4,35 %	2,94 %	0,00 %

### 3.3. Spridning av medelstubbhöjd och underväxtandel



**Figure 3.** Spridningsdiagram för medelstubbhöjd (cm) och underväxt (stammar/hektar) indelat i bestånd.

*Figure 3. Scatterplot of mean stump height (cm) and undergrowth (stems/hectare) according to stand with stand classification.*

Det fanns en stor spridning i underväxtandel och medelstubbhöjd mellan varje provyta och mellan de olika bestånden (Figur 3). Medelstubbhöjden varierade mellan 3,4 – 35,5 cm. Underväxten hade en spridning mellan 500 stammar/hektar till 11 700 stammar/hektar sett över alla provytor. Majoriteten av provytorna hade en underväxtandel mellan 1700 – 5000 stammar/hektar.

Bestånd 5 hade den största variationen av underväxt, mellan 800 stammar/hektar till 11 700 stammar/hektar. Medelstubbhöjden för bestånd 5 var mellan 6,6 cm och 24 cm. Det bestånd som hade den högst uppmätta medelstubbhöjden var bestånd 1 som hade en medelstubbhöjd mellan 7 cm och 35,5 cm. Bestånd 1 hade dock en lägre variation av underväxt än bestånd 5, mellan 800 stammar/hektar till 4000 stammar/hektar. Bestånd 2 hade den största variationen i medelstubbhöjd, mellan 4,5 cm till 33,3 cm och en relativ hög variation av underväxt 800 stammar/hektar till 9900 stammar/hektar.



### 3.4. Beståndens påverkan på underväxten

Variationsanalysen som framkom genom regressionsanalysen med interaktionstermen underväxt\*bestånd visar att bestånd inte har någon signifikant påverkan på underväxten (Tabell 5). P-värdet för interaktionstermen är 0,892 vilket talar för att resultatet inte är signifikant och därmed kan nollhypotesen (bestånd påverkar inte underväxten) behållas. Vilket medför att bestånd inte tas hänsyn till i resterande analyser.

**Tabell 5.** Variationsanalys (ANOVA) med interaktionsterm (underväxt\*bestånd). P-värdet för bestånd är 0,989 vilket gör att nollhypotesen inte förkastas. Samma gäller för interaktionstermen – nollhypotesen förkastas inte det finns ingen signifikans att bestånd har någon påverkan på underväxt.

*Table 5. Analysis of variance (ANOVA) with interaction effect (underväxt\*bestånd).*

Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Regression	13	1017,73	78,287	2,59	0,007
Underväxt	1	124,39	124,391	4,12	0,047
Bestånd	6	26,16	4,360	0,14	0,989
Underväxt*bestånd	6	67,84	11,307	0,37	0,892

### 3.5. Underväxtens påverkan på stubbhöjd

För att undersöka om underväxten har någon påverkan på medelstubbhöjden utfördes en regressionsanalys med *Box-Cox transformation*. Variansanalysen (Tabell 6) och summering av regressionsanalysen (Tabell 7) visar att det finns ett samband starkt nog att underväxten har en signifikant påverkan på stubbhöjden i gallring. P-värdet för analysen är 0,000 vilket talar för att det finns underlag till att förkasta nollhypotesen och att underväxten har en signifikant påverkan på stubbhöjden.

**Tabell 6.** Variansanalys (ANOVA) med transformerade värden genom Box-Cox.

**Table 6.** Analysis of variance (ANOVA) for transformed response (Box-Cox transformation).

Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Regression	1	13,857	13,8571	30,39	0,000
Underväxt	1	13,857	13,8571	30,39	0,000

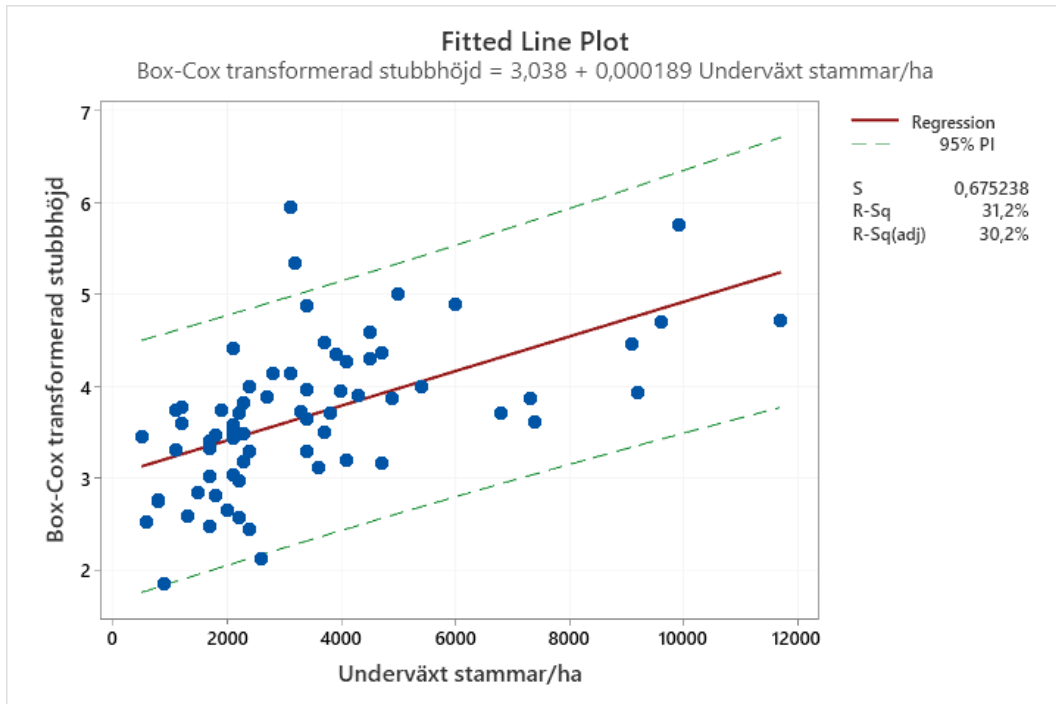
Förklaringsgraden ( $R^2$  – värdet) förklarar 31,21 % av den totala variationen, vilket betyder att 31,21 % förklarar sambandet mellan medelstubbhöjd och underväxt (Tabell 7).

**Tabell 7.** Summering av regressionsanalysen.

**Table 7.** Model summary of the regression analysis.

Standard fel	$R^2$	$R^2$ (adj)	$R^2$ (pred)
0,675238	31,21 %	30,18 %	27,24 %

Med värdena från regressionsanalysen med *Box-Cox transformationen* togs sambandet mellan det transformerade värdet på medelstubbhöjden och underväxt fram (Figur 4). Regressionslinjen har en stark positiv lutning som visar det signifikanta sambandet mellan medelstubbhöjd och underväxt. Medelstubbhöjden är mellan 3 – 11 cm när underväxten är 1000 stammar/hektar och mellan 15 – 25 cm när underväxten är 5000 stammar/hektar. Framtida värden förväntas hamna inom det 95 % prediktionsintervallet.



**Figur 4.** Fitted Line Plot med prediktionsintervall (PI). Sambandet mellan transformerad stubbhöjd och underväxt. Transformationen leder till storleksordningen på y-axeln att 2 ≈ 4 cm och 6 ≈ 35 cm i medelstubbhöjd.

**Figure 4.** Fitted Line Plot with prediction interval (PI). Correlation between stump height and undergrowth. The transformation leads to the size order on the y-axis that 2 ≈ 4 cm and 6 ≈ 36 cm in mean stump height.

## 4. Diskussion

### 4.1. Studiens resultat

Sett över alla bestånd var grundytan väldigt hög efter gallringen (Tabell 2). Enligt Sundberg (2021) brukar SCA gallra med en gallringsstyrka som resulterar till att grundytan efter förstagallringen hamnar mellan 18–21 m<sup>2</sup>. Att grundytan i studien var så pass hög (27 m<sup>2</sup>) efter gallringen indikerar att det fanns väldigt mycket underväxt kvar i vissa bestånd som kom med i relaskoperingen. Vidare var stubbdiametern låg vilket också är något som mest troligt påverkats av tätheten i bestånden och därmed underväxten vilket stämmer med Kaila et al. (2006) studie som visar att diametertillväxten kraftigt försämras med tät underväxt.

#### 4.1.1. Skador

Resultat från provyteinventeringen visade att ett träd per provyta skadades i medeltal, vilket ledde till en relativt hög skadeandel. Den rekommenderade gränsen på max 5 % skador med en storlek över 15 cm<sup>2</sup> (Bergkvist et al. 2003) klaras dock med 1 %-enhet. Eftersom inga skador från stickvägarna togs med i datainsamlingen, går det inte med säkerhet att säga att bestånden i verkliga fall klarar den rekommenderade gränsen om 5 % skador.

Trots den totalt höga andelen skador hade underväxten inte någon signifikant påverkan på skadeandelen på kvarvarande träd (Tabell 3 och Tabell 4). Resultatet ligger inte i linje med Anderssons (2011) studie som visade på att skadorna ökade med ökat stamanatal. Studiens resultat är också motsägelsefullt om man jämför med resultatet från Tahvanainen (2001) som påpekade att skadorna ökade med ökad andel underväxt. Att underväxten inte hade någon påverkan kan bero på att maskinförarna är vana att gallra bestånd med mycket underväxt, vilket resulterar i att underväxten inte har någon betydelse för skadeandelen i detta fall.

Stamskadorna påverkar beståndet både på kort och lång sikt. Risken för rötangrepp ökar samt att skadorna bidrar till kvalitetsfel i framtida avverkningar. Det är därför

viktigt att hålla nere stamskadorna. Kvalitetsfelen som kommer från stamskadorna är något som bör undvikas eftersom det kan påverka lönsamheten i senare avverkningar. Den höga andelen stamskadorna i studiens bestånd riskerar att orsaka flera kvalitetsfel på virket, som visas när virket längre fram i tiden sågas till plank och bräder. Även risken för att röta kommer in i beståndet är stor till följd av den höga skadenivån eftersom gran var det dominerande trädslaget i bestånden.

Eftersom markytan var relativt jämn (Tabell 2) och underväxten inte hade någon signifikant påverkan är det svårt och fastställa vad den höga skadeandelen beror på. Möjliga orsaker kan vara att förarna varit oförsiktiga vid utförandet men det är svårt att veta med säkerhet. Vidare är det möjligt att några av skadorna blivit orsakade av skotaren. Dock var det inget som gick att mäta i studien då inventeringen skedde efter att gallringen och skotningen var utförd.

#### 4.1.2. Stubbhöjd och underväxt

Resultatet från regressionsanalyserna visade att ökad andel underväxt har en påverkan på medelstubbhöjden. Det stämmer överens med studiens hypotes som var att med en ökad andel underväxt kommer stubbarna i förstagallringar att bli högre. Förklaringsgraden var 31,21 % vilket är tillräckligt högt för att visa att underväxten har en påverkan och det tillsammans med P-värdet är resultatet signifikant. Att förvänta en förklaringsgrad som är närmre 100 % är inte logiskt eftersom det inte enbart går att säga att det är endast underväxten som påverkar stubbhöjden i en gallring.

Eftersom trakterna gallrades på barmark fanns det ingen snö som annars kan ha stor påverkan på stubbhöjden. Däremot kan löven på lövträden försämrat sikten vilket kan ha bidragit till den relativt höga stubbhöjden om 14 cm. Fler faktorer som kan påverka kan vara ytstruktur i beståndet, lutning i beståndet och maskinförarnas erfarenhet och noggrannhet. Maskinförarna som gallrade bestånden i studien är vana att gallra bestånd med mycket underväxt. Med det i åtanke kan resultatet för stubbhöjden se annorlunda ut där maskinförare inte är vana att gallra bestånd med mycket underväxt. Liten erfarenhet av gallringar i bestånd med mycket underväxt kan resultera i högre stubbar än de som är erfarna att gallra täta bestånd. Underväxten i studien påverkar nästan en tredjedel av stubbhöjden vilket bidrar till faktorn varför en underväxtröjning i täta bestånd kan vara värt att utföra innan en första gallring.

Medelstubbhöjden var 14 cm totalt för alla bestånd vilket ligger i linje med definitionen om att stubbhöjden utgör 1 % av trädhöjden (Agestam 2015). Även om 14 cm ligger inom det intervall som är godtagbart för en stubbe i gallring bör man sträva efter att få så låga stubbar som möjligt för att minska intäktsförluster. Eftersom den nedre delen av stammen är den grövsta är det också den som genererar mest värde i en gallring då det är den delen av stammen som möjligtvis klassas till sågtimmer. Om medelstubbhöjden hade varit 7 cm i stället för 14 cm hade man fått ut 0,74 m<sup>3</sup>/hektar extra i medeltal vilket motsvarar cirka 300kr/hektar. Vid stora förstagallringar blir det många kubik som försvinner till följd av höga stubbar och därmed en lägre lönsamhet i gallringen (beräkningen gäller för de studerade beståndens siffror). Sammantaget med att tät underväxt orsakar en lägre diametertillväxt och markant sänker produktiviteten för åtgärden som Kärhä (2006) påvisat, ger det ytterligare en anledning till att underväxtröja bestånd med hög andel underväxt.

Eftersom underväxt har en stor betydelse för smådjur och organismer (Poulsen 2002; Threlfall et al. 2017) måste man dock avväga om ett enskiktat bestånd och en underväxtröjning är värt det sett till alla faktorer. Man måste också ha i tanke att potentiell röta lättare kan komma in i beståndet då man underväxtröjer. En metod kan vara att göra en punktröjning runt gagnvirkesstammarna för att underlätta för skördarfören. Det gör att sikten blir bättre och dessutom att ansättningen av aggregatet blir lättare. Det behåller också en del av den viktiga underväxten samtidigt som risken för röta inte är lika stor som en hel underväxtröjning.

## 4.2. Analysering av material och metod

För att minimera antalet felkällor valdes det att göra en objektiv datainsamling. Genom att använda en objektiv metod minskar man risken för slumpmässiga och systematiska fel som kan uppstå vid en subjektiv metod (Bergkvist et al. 2003). Vidare riskerar man inte att omedvetet välja punkter i beståndet som skulle påverka resultatet i någon riktning. Metodiken för datainsamlingen har därför en hög pålitlighet. Vidare valdes bestånd som låg inom samma geografiska område och som blev gallrade under samma årstid och av samma maskinlag. Även skördarnas aggregat var av samma sort vilket minskade potentiella felkällor, speciellt gällande skadenivån. Gallringen utfördes dock med två olika modeller på skördarna (en större och en mindre) vilket kan ha en påverkan på skadeandelen i beståndet. Eftersom provytorna lades ut mellan stickvägarna bör maskintyp inte påverkat skadenivån i provytorna i någon högre grad. Bestånden som valdes hade en hög naturlig variation på andel underväxt. Vilket möjliggjorde en provyteinventering utan kontrollbestånd som blivit underväxtröjda. Den naturliga variationen

medförde att resultatet ändå blev pålitligt och tillräckligt varierande för att täcka in många nivåer av andel underväxt.

Det fanns en provyta som saknade gagnvirkesuttag och endast hade stubbar mindre än 11 cm i rotskåret. Den höga andelen underväxt som fanns i denna provyta var troligtvis det som orsakade att inget gagnvirkesuttag skett eftersom diametertillväxten i provytorna var för låg. Att det saknades stubbar medförde att insamlade data för just den här provytan inte gick att ta med i regressionsanalysen för medelstubbhöjd vs underväxt vilket orsakade en felkälla.

På grund av tidsbrist valdes det att göra 10 objektiva provyteutläggningar per bestånd vilket resulterade i 70 provytor. Om fler provytor lagts ut i varje bestånd hade man fått in mer data vilket hade kunnat göra resultatet ännu säkrare. För att lokalisera provytorna användes en GPS av god kvalitet, trots det är det inte 100 % säkert att precisionen blev exakt på varje provyta vilket är en mindre felkälla. En ytterligare felkälla vid datainsamlingen kan vara att man missade en del underväxt. Underväxt som blivit nedsågad och flyttad från provytorna kan ha missats i datainsamlingen. Om bestånden också inventerats innan gallringen hade eventuella missar kunde bortses ifrån då data på andel underväxt redan funnits.

De material som användes i provyteinventeringen var inte digitala vilket var en fördel. Exempelvis användes inte en dataklave vilket gjorde att kalibreringsfel och lagringsfel inte uppstod. Alla mätningar skrevs ner direkt för att undvika att data missades.

Det går att utskilja ett fåtal värden som ligger utanför prediktionsintervallet (Figur 4). Extremvärdena kan bero på slump eller slarv från maskinförarna eller eventuellt mätfel. Utan extremvärdena hade förklaringsgraden blivit högre och standard felet något lägre men eftersom det inte gick att konstatera vad extremvärdena berodde på ingick de i analysen.

### 4.3. Implementering och vidare studier

Studien har bidragit med ny information till dagens kunskapsläge där studien påvisat ett signifikant samband som tyder på att stubbhöjden ökar med ökad andel underväxt. Resultatet går att använda som ett beslutsstöd för den som ska genomföra en underväxttät förstagallring, där beslut ska tas om en underväxtröjning är nödvändig eller inte om man anser att så låga stubbar som möjligt är något att eftersträva.

Eftersom det finns få tidigare studier på ämnet är vidare studier att föredra för att skapa en större förståelse inom ämnet innan den här studiens resultat generaliseras.

Fler studier krävs där fler bestånd i flera olika geografiska områden studeras för att säkerställa att resultatet är trovärdigt på fler områden. Även större bestånd med fler provytor hade varit intressant att analysera samt maskinförare med olika erfarenheter av gallring i underväxttäta bestånd.

Något som hade varit intressant att ta med i studien hade varit om man också klavade in brösthöjdsdiametern på gagnvirkesstammarna och analyserat hur dessa påverkats av underväxten för de olika bestånden. Om man hade tagit med det i datainsamlingen hade djupare analyser om underväxtens påverkan på bestånden och åtgärden varit möjligt att utföra vilket kan vara en tanke att ta med till vidare studier. Även en djupare studie hur ekonomin påverkas av de höga stubbarna hade varit intressant.

#### 4.4. Slutsatser

Studiens resultat visar att det inte finns något signifikant samband som visar att andelen skador ökar med ökad andel underväxt, trots det är andelen skador i studien hög. Däremot finns det ett samband mellan medelstubbhöjd och underväxt som är signifikant. En ökad andel underväxt ger högre medelhöjd på stubbarna vilket stämmer överens med studiens hypotes.

Det går även att konstatera att det finns intäktsförluster kopplat till höga stubbar i gallring och att anledningarna till att underväxtröja ett bestånd innan en förstagallring är stora. Tidigare studier påpekar kraftig produktivitetsnedsättning i bestånd med mycket underväxt. Det sammanantaget med hög grundyta, klen medelstubbdiameter och att underväxten påverkar stubbhöjden ger markanta anledningar till att underväxtröja. Dock måste man göra en avvägning om en hel underväxtröjning är värt det sett till olika ekologiska värden. En punktröjning runt huvudstammarna kan vara ett mer skonsamt alternativ till en hel underväxtröjning. Innan en generalisering av studiens resultat görs krävs fler studier inom ämnet för att veta om resultatet ser liknade ut på fler geografiska områden.



## Referenser

- Agestam, E. (2015). *Skogsskotselserien 7-gallring*.  
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-7-gallring.pdf> [2020-09-29]
- Andersson, A.-S. (2011). *Stamskador i gallringsbestånd*. (28). Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Skogsmästarprogrammet.  
[https://stud.epsilon.slu.se/3744/1/Andersson\\_AS\\_111229.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/3744/1/Andersson_AS_111229.pdf) [2021-03-02]
- Berg, S. (1995). *Terrängtypsschema för skogsarbetare*. Spånga: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.  
<https://www.skogforsk.se/contentassets/dd0282d1b35c4fe88f210b088f02b486/terrangtypschema.pdf> [2021-01-14]
- Bergkvist, I., Staland, F., Holmström, J., & Skogforsk (2003). *Gallra med kvalitet: förberedelser, utförande, uppföljning & återkoppling*. Uppsala: Skogforsk.  
[https://www.skogforsk.se/cd\\_20190114162130/contentassets/9281346e032e401faf7dd9dca6455d73/gallra-med-kvalitet.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20190114162130/contentassets/9281346e032e401faf7dd9dca6455d73/gallra-med-kvalitet.pdf) [2020-10-01]
- Berglund, M., Carlsson, T. & Rönnberg, J. (2008). *Infection of Heterobasidion spp. in late pre-commercial thinnings of Picea abies in southern Sweden*. (Disease management and control, 49). Alnarp: Southern Swedish Forest Research Centre.  
[https://scholar.google.com/scholar?hl=sv&as\\_sdt=0%2C5&q=Infection+of+Heterobasidion+spp.+in+late+pre-commercial+thinnings+of+Picea+abies+in+southern+Sweden&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=sv&as_sdt=0%2C5&q=Infection+of+Heterobasidion+spp.+in+late+pre-commercial+thinnings+of+Picea+abies+in+southern+Sweden&btnG=) [2020-10-06]
- Box, G.E.P. & Cox, D.R. (1964). An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society*, 26 (2), 211–252
- Carlsson, T. (2007). *Risken för spridning av röta vid förröjning i granskog i södra Sverige*. [https://stud.epsilon.slu.se/11415/1/carlsson\\_t\\_171005.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/11415/1/carlsson_t_171005.pdf)
- Enander, K.-G. (2007). *Skogsbruk på samhällets villkor*. (1). Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Institutionen för skogens ekologi och skötsel.  
[https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata\\_2019\\_webb.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2019_webb.pdf) [2020-11-20]
- Forsberg, M. & Lodén, H. (2020). *Förröjning i Sverige - En granskning av skogsföretagens strategier för underväxtröjning inför förstagallring*. (Skogsvetenskap, 13). Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Institutionen för skogens ekologi och skötsel.  
[https://stud.epsilon.slu.se/15935/7/forsberg\\_m\\_loden\\_h\\_200824.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/15935/7/forsberg_m_loden_h_200824.pdf) [2020-10-05]
- Frumerie, G. & Skogforsk (2000). *Kedjeskott - så minskar du riskerna*. Uppsala: Skogforsk.  
[https://www.skogforsk.se/cd\\_20190114162129/contentassets/83d29c28cb9544239c652f5d44d168fa/kedjeskott---sa-minskar-du-riskerna.pdf](https://www.skogforsk.se/cd_20190114162129/contentassets/83d29c28cb9544239c652f5d44d168fa/kedjeskott---sa-minskar-du-riskerna.pdf) [2021-02-15]
- Gerasimov, Y., Senkin, V. & Väättäin, K. (2012). Productivity of single-grip harvesters in clear-cutting operations in the northern European part of Russia. *European Journal of Forest Research*, 131 (3).

- [https://www.academia.edu/17251296/Productivity\\_of\\_single\\_grip\\_harvesters\\_in\\_clear\\_cutting\\_operations\\_in\\_the\\_northern\\_European\\_part\\_of\\_Russia](https://www.academia.edu/17251296/Productivity_of_single_grip_harvesters_in_clear_cutting_operations_in_the_northern_European_part_of_Russia) [2020-11-16]
- Gunnarsson, P. & Hellström, C. (1992). Bestånd med underväxt - Rätt åtgärd på rätt plats sänker kostnaderna. *Redogörelse - Forskningsstiftelsen Skogsarbeten*, (1), 16–17
- Håkansson, M. (2000). *Skogsencyklopedin: [8400 artiklar och ordförklaringar]*. Stockholm: Sveriges skogsvårdsförbund.
- Jonsson, F. (2015). *Hur påverkar avlövad underväxt kvaliteten och drivningskostnaden i gallring?* (Skogshushållning, 8). Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Institutionen för skogens Biomaterial och Teknologi. [https://stud.epsilon.slu.se/7867/1/Jonsson\\_F\\_20150421.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/7867/1/Jonsson_F_20150421.pdf) [2020-09-28]
- Kaila, S., Kiljunen, N., Miettinen, A. & Valkonen, S. (2006). Effect of timing of precommercial thinning on the consumption of working time in *Picea abies* stands in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21 (6), 496–504. <https://doi.org/10.1080/02827580601073263>
- Kärhä, K. (2006). Effect of undergrowth on the harvesting of first-thinning wood. *Forestry Studies*, (45), 101–117
- Kärhä, K., Rönkkö, E. & Gumse, S.-I. (2004). Productivity and Cutting Costs of Thinning Harvesters. *International Journal of Forest Engineering*, 15 (2), 43–56. <https://doi.org/10.1080/14942119.2004.10702496>
- Lundqvist, L., Lindroos, O. & Hallsby, G. (2014). *skogssktsel-serien-20-slutavverkning.pdf*. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogssktselserien/skogssktsel-serien-20-slutavverkning.pdf> [2020-12-15]
- Nilsson, P., Roberge, C. & Fridman, J. (2020). *Skogsdata 2020*. (Skogsdata, 37). Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Institutionen för skoglig resurshushållning. [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skog\\_sdata\\_2020\\_webb.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skog_sdata_2020_webb.pdf) [2020-09-29]
- Olsson, S. (2004). *Behandling av konfliktbestånd - problem och möjligheter*. (60). Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Sydsvensk skogsvetenskap. [https://stud.epsilon.slu.se/11464/1/olsson\\_s\\_171004.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/11464/1/olsson_s_171004.pdf) [2021-02-04]
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson, A. (2012). *skogssktsel-serien-6-rojning.pdf*. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogssktselserien/skogssktsel-serien-6-rojning.pdf> [2020-10-06]
- Poulsen, B.O. (2002). *Avian richness and abundance in temperate Danish forests: tree variables important to birds and their conversation*. (Biodiversity and Conservation, 11). Copenhagen: The Danish University of Education. Institute of Biology. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016839518172> [2021-02-08]
- RIS (2019). *Fältinstruktion 2020*. (n). Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Institutionen för skoglig resurshushållning. [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/faltinst/20\\_ris\\_fin.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/faltinst/20_ris_fin.pdf) [2021-02-10]
- Samuels, M.L., Witmer, J.A. & Schaffner, A.A. (2016). *Statistics for the Life Sciences*. 5th. uppl. Essex, England: Pearson Education.
- Skogsstyrelsen (2014). *Skogsstatistisk årsbok 2014*. 64. uppl. Sverige: Swedish forest agency. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/historisk-statistik/skogsstatistisk-arsbok-2010-2014/skogsstatistisk-arsbok-2014.pdf> [2020-11-20]

- Skogsstyrelsen (2021). Rundvirkespriser 2020. JO0303 SM, (1). <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/statistiska-meddelanden/sm-rundvirkespriser-2020.pdf> [2021-02-08]
- Svensson, S.A. (2010). *Behöver omvandlingstalen mellan m3f ub och m3sk revideras?* (Rapport, 7). Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://docplayer.se/13330409-Behover-omvandlingstalen-mellan-m3f-ub-och-m3sk-revideras.html> [2021-02-16]
- Tahvanainen, M. (2001). *On the effects of advance clearing of undergrowth when applying mechanised thinning*. Finland: TTS Institute, Forestry Bulletin 638. [2020-09-25]
- Threlfall, C.G., Mata, L., Mackie, J.A., Hahs, A.K., Stork, N.E., Williams, N.S.G. & Livesley, S.J. (2017). Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *Journal of Applied Ecology*, 54 (6), 1874–1883. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12876>
- Wallentin, C. (2007). *Thinning of Norway spruce*. (29). Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. [https://pub.epsilon.slu.se/1352/1/C\\_Wallentin.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/1352/1/C_Wallentin.pdf) [2020-10-01]
- Wiklund, H. (2019). *Effekten av underväxtröjning och gallringsintensitet på skördarens effektivitet i förstagallring*. (Skogshushållning, 3). Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Institutionen för skogens Biomaterial och Teknologi. [https://stud.epsilon.slu.se/14993/12/wiklund\\_h\\_191023.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/14993/12/wiklund_h_191023.pdf) [2020-09-18]
- Witzell, J. & m fl (2017). Skogsskotselserien skador på skog, del 2. *Skogsskötselserien*, (12). <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/bruka-skog/skogsskador/skogsskotselserien-skador-pa-skog.pdf> [2021-02-08]

## Personlig kommunikation

Hans Sundberg (2021). Avdelningschef Produktion, SCA Skog.

# Bilaga 1 - Inventeringsmall

Provyteblankett											
Bestånds nr:	Grundyta	Underväxt andel			Kvarstående träd på provytan	Stubbhöjd	Stubbdiameter	Antal skadade träd			Ytstruktur
Provytenr:		Tall	Gran	Löv				>tänds-	lika som tänd	större än	

	Underväxt höjd				
	>0,5m	0,5-1m	1-1,5m	1,5-2m	<2m
Tall					
Gran					
Löv					

## Bilaga 2 – Data till Minitab

Provyta	Medelstubbhöjd	Underväxt (stammar/ ha)	Bestånd	Provyta	Medelstubbhöjd	Underväxt (stammar /ha)	Bestånd
1	16,043	2400	1	35	10,854	3400	4
2	15,657	4000	1	36	8,833	2200	4
3	13,917	3300	1	37	6,700	1300	4
4	7,586	800	1	38	15,267	4300	4
5	35,460	3100	1	40	6,414	600	4
6	23,883	3400	1	41	24,000	6000	5
7	9,733	3600	1	42	22,300	11700	5
8	10,089	2300	1	43	15,000	4900	5
9	7,040	2000	1	44	8,120	1500	5
10	13,771	2200	1	45	13,333	3400	5
11	13,800	6800	2	46	10,933	1100	5
12	15,500	9200	2	47	6,667	2200	5
13	22,100	9600	2	48	13,733	3800	5
14	33,260	9900	2	49	19,050	4700	5
15	4,520	2600	2	50	10,875	2400	5
16	21,150	4500	2	51	7,933	1800	6
17	13,092	7400	2	52	10,000	4700	6
18	25,100	5000	2	53	15,800	3400	6
19	15,045	7300	2	54	6,000	2400	6
20	7,625	800	2	55	14,233	1200	6
21	12,250	3700	3	56	12,133	2300	6
22	18,211	4100	3	57	12,229	2100	6
23	14,600	2300	3	58	12,900	2100	6
24	10,240	4100	3	59	16,000	5400	6
25	14,000	1900	3	60	28,533	3200	6
26	11,625	1700	3	61	20,133	3700	7
27	3,467	900	3	62	19,000	3900	7
28	11,120	1700	3	63	11,789	2100	7
29	19,917	9100	3	64	12,967	1200	7
30	9,283	2100	3	65	18,463	4500	7
31	15,133	2700	4	66	17,183	2800	7
32	11,900	500	4	67	6,143	1700	7
33	19,500	2100	4	68	17,200	3100	7
34	9,167	1700	4	69	14,000	1100	7
				70	12,050	1800	7

# Bilaga 3 – Analyser i Minitab

## Regressionsanalys med interaktion

### Regression Equation

Bestånd	
1	Medelstubbhöjd = $4,70 + 0,392 \text{ Underväxt}$
2	Medelstubbhöjd = $6,33 + 0,1709 \text{ Underväxt}$
3	Medelstubbhöjd = $8,02 + 0,1407 \text{ Underväxt}$
4	Medelstubbhöjd = $8,00 + 0,169 \text{ Underväxt}$
5	Medelstubbhöjd = $8,04 + 0,1525 \text{ Underväxt}$
6	Medelstubbhöjd = $10,57 + 0,105 \text{ Underväxt}$
7	Medelstubbhöjd = $7,71 + 0,277 \text{ Underväxt}$

### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	4,70	5,51	0,85	0,397	
Underväxt	0,392	0,193	2,03	0,047	47,96
Bestånd					
2	1,63	6,91	0,24	0,814	13,53
3	3,32	6,27	0,53	0,599	11,16
4	3,30	6,65	0,50	0,622	11,47
5	3,34	6,29	0,53	0,598	11,20
6	5,87	7,00	0,84	0,405	13,88
7	3,01	7,02	0,43	0,670	13,97
Underväxt*Bestånd					
2	-0,221	0,202	-1,09	0,279	57,37
3	-0,251	0,208	-1,21	0,233	19,42
4	-0,223	0,248	-0,90	0,372	9,48
5	-0,239	0,202	-1,18	0,241	31,58
6	-0,287	0,237	-1,21	0,232	16,00
7	-0,114	0,247	-0,46	0,645	14,15

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	13	1017,73	78,287	2,59	0,007
Underväxt	1	124,39	124,391	4,12	0,047
Bestånd	6	26,16	4,360	0,14	0,989
Underväxt*Bestånd	6	67,84	11,307	0,37	0,892

## Regressionsanalys med Box-Cox transformation

### Method

Box-Cox  
transformation  
Rounded  $\lambda$  0,5  
Estimated  $\lambda$  0,284874  
95% CI for  $\lambda$  (-0,0966265; 0,672374)

### Regression Equation

Medelstubbhöjd<sup>0,5</sup> = 3,038 + 0,01888 Underväxt

### Coefficients for Transformed Response

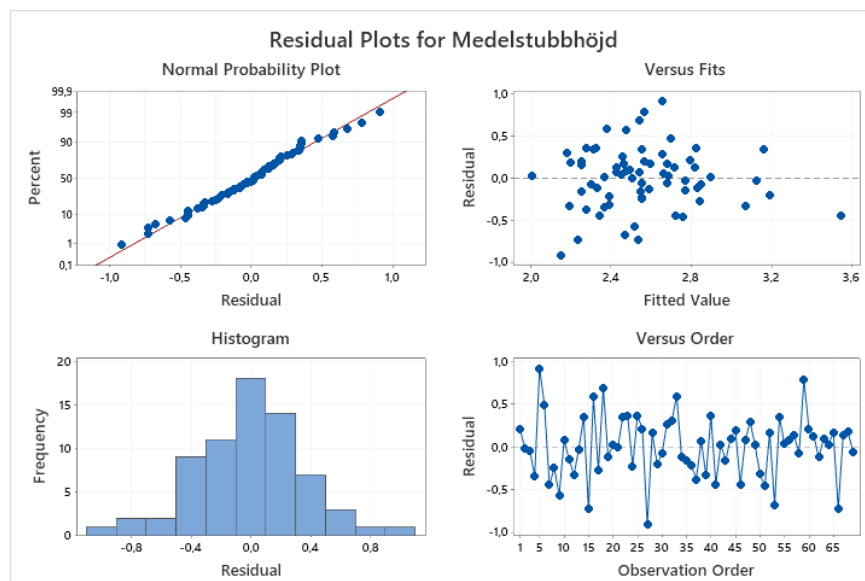
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	3,038	0,143	21,26	0,000	
Underväxt	0,01888	0,00342	5,51	0,000	1,00

### Model Summary for Transformed Response

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,675238	31,21%	30,18%	27,24%

### Analysis of Variance for Transformed Response

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	13,857	13,8571	30,39	0,000
Underväxt	1	13,857	13,8571	30,39	0,000
Error	67	30,548	0,4559		
Lack-of-Fit	42	21,742	0,5177	1,47	0,154
Pure Error	25	8,806	0,3522		
Total	68	44,406			



## Regressionsanalys Fitted line plot

The regression equation is

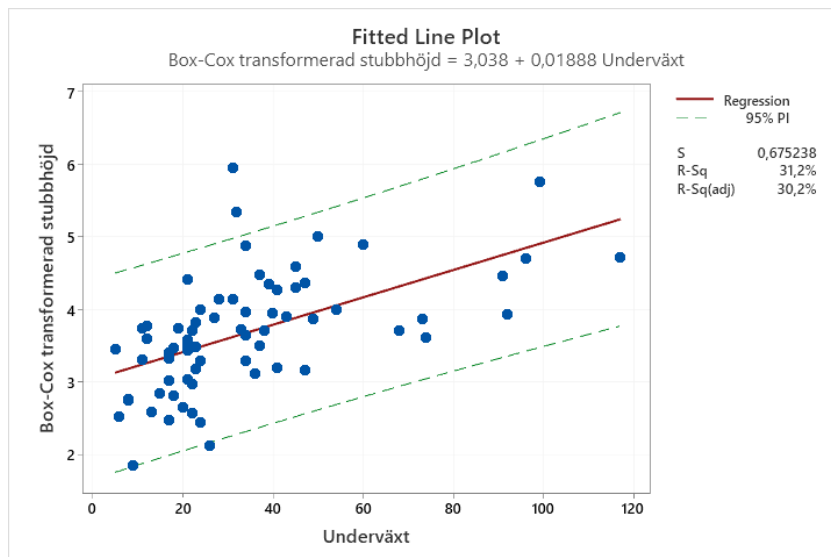
Box-Cox transformerad stubbhöjd = 3,038 + 0,01888 Underväxt

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)
0,675238	31,21%	30,18%

### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	13,8571	13,8571	30,39	0,000
Error	67	30,5484	0,4559		
Total	68	44,4055			





## Regressionsanalys för skador

### Regression Equation

Skadade träd = 0,753 + 0,01171 Underväxt

### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,753	0,279	2,70	0,009	
Underväxt	0,01171	0,00666	1,76	0,083	1,00

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,31680	4,35%	2,94%	0,00%

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	5,361	5,3615	3,09	0,083
Underväxt	1	5,361	5,3615	3,09	0,083
Error	68	117,910	1,7340		
Lack-of-Fit	42	102,793	2,4475	4,21	0,000
Pure Error	26	15,117	0,5814		
Total	69	123,271			

## Bilaga 4 – Transformerade stubbhöjder

Box-Cox transformerad stubbhöjd					
Vanlig stubbhöjd	BC- transform	Vanlig stubbhöjd	BC- transform	Vanlig stubbhöjd	BC- transform
16,043	4,0054	10,240	3,2000	13,733	3,7059
15,657	3,9569	14,000	3,7417	19,050	4,3646
13,917	3,7305	11,625	3,4095	10,875	3,2977
7,586	2,7542	3,467	1,8619	7,933	2,8166
35,460	5,9548	11,120	3,3347	10,000	3,1623
23,883	4,8871	19,917	4,4628	15,800	3,9749
9,733	3,1198	9,283	3,0469	6,000	2,4495
10,089	3,1763	15,133	3,8902	14,233	3,7727
7,040	2,6533	11,900	3,4496	12,133	3,4833
13,771	3,7110	19,500	4,4159	12,229	3,4969
13,800	3,7148	9,167	3,0277	12,900	3,5917
15,500	3,9370	10,854	3,2945	16,000	4,0000
22,100	4,7011	8,833	2,9721	28,533	5,3417
33,260	5,7671	6,700	2,5884	20,133	4,4870
4,520	2,1260	15,267	3,9073	19,000	4,3589
21,150	4,5989	6,414	2,5326	11,789	3,4335
13,092	3,6182	24,000	4,8990	12,967	3,6009
25,100	5,0100	22,300	4,7223	18,463	4,2968
15,045	3,8788	15,000	3,8730	17,183	4,1453
7,625	2,7613	8,120	2,8496	6,143	2,4785
12,250	3,5000	13,333	3,6515	17,200	4,1473
18,211	4,2674	10,933	3,3066	14,000	3,7417
14,600	3,8210	6,667	2,5820	12,050	3,4713